

Izabela Małecka¹, Zdzisław Jan Małecki², Marek Moga³

WPLYW NA ŚRODOWISKO WADLIWIE WYKONANYCH I EKSPLOATOWANYCH UKŁADÓW WENTYLACJI W PRZEMYSŁE SPOŻYWCZYM

Streszczenie. Instalacje i urządzenia wentylacji (klimatyzacji) mechanicznej w przemyśle spożywczym, mogą przenosić różne bakterie chorobotwórcze np. powodujące zapalenie płuc (choroba legionistów). Na odczucie parametrów mikroklimatu w pomieszczeniach produkcyjnych przez ludzi mają wpływ czynniki zależne od człowieka (stan zdrowia, indywidualne odczucie temperatury itp.) oraz czynniki niezależne od człowieka (parametry fizyczne powietrza, świeżość i czystość powietrza itp.). Skażenia mikrobiologiczne urządzeń technologicznych oraz urządzeń i instalacji, m.in. wentylacyjno-klimatyzacyjnych, wpływają na rozwój bakterii chorobotwórczych. Ilość powietrza dostarczana lub usuwana z pomieszczenia zależy od jego użytkowania i obciążenia zapachami oraz materiałami szkodliwymi. W następstwie powstawania punktu rosy w instalacjach wentylacyjnych mogą wystąpić tzw. zarodki kondensacji, zawarte w powietrzu, na których osadza się para wodna przy przesyceciu powietrza. Istotny wpływ na warunki komfortu w pomieszczeniach ma prędkość przepływu powietrza w strefie przebywania ludzi. W pomieszczeniach produkcyjnych tam, gdzie dbałość o najwyższą jakość powietrza stanowi kwestię priorytetową, stosuje się dezynfekcje promieniową jonizacją katalityczną. W pomieszczeniach produkcyjnych przemysłu spożywczego o podwyższonym standardzie mikrobiologicznym nie należy stosować układów wentylacyjnych z recyrkulacją powietrza.

Słowa kluczowe: wentylacja, bakterie chorobotwórcze, mikrobiologia, ergonomia, punkt rosy, dezynfekcja, cyrkulacja powietrza.

WPROWADZENIE

Wentylacja w sensie technicznym jest to wymiana powietrza w pomieszczeniach w celu usunięcia zbędnego ciepła i lub zanieczyszczeń co skutkuje utrzymaniem w pomieszczeniu założonego stanu powietrza. W wielu przypadkach wentylacja może tylko nie dopuścić do nadmiernego pogorszenia tego stanu.

W nowoczesnych wentylowanych halach produkcyjnych z jednej strony przyjemnie jest przebywać a z drugiej strony mogą one stanowić pośrednio śmiertelną pułapkę w stosunku do człowieka w następstwie powstawania uciążliwych warunków ergono-

¹ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 25, 50-375 Wrocław.

² Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „Euroexbud” w Kaliszu, ul. Łódzka 218, 62-800 Kalisz, e-mail: zdzislaw.malecki@euroexbud.com.pl

³ Centrum Diagnostyki Serca MEDIX w Kaliszu.

micznych i rozwoju niepożądanych bakterii. Czynniki mającymi negatywny wpływ na samopoczucie ludzi są: czystość i świeżość powietrza, temperatura i wilgotność powietrza, także podwyższone stężenie zanieczyszczeń gazowych (chemicznych), pyłowych i mikrobiologicznych. Instalacje i urządzenia układów wentylacyjnych (klimatyzacyjnych) w przemyśle spożywczym, mogą przenosić różne bakterie chorobotwórcze np. powodujące zapalenie płuc (choroba legionistów). Organizm człowieka posiada pewne zdolności ograniczone do dostosowania się do warunków otoczenia. Zdolność „chłodząca” środowiska jest odpowiednia, kiedy powoduje taką wymianę ciepła pomiędzy ciałem człowieka a otoczeniem, jaką w danej chwili wymaga poziom metabolizmu w organizmie [Małecki, Moga 2009].

Rozwój cywilizacyjny ciągle zmienia nasze życie. Jedną ze zdobyczy postępu technicznego jest znaczny rozwój technologii w przemyśle spożywczym. Zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), obiekty budowlane w tym budynki przemysłu spożywczego, w których ponad 30% użytkowników jest niezadowolonych z występujących warunków mikroklimatu wewnętrznego uznaje się za „budynki chore”.

Badania nad „syndromem chorych budynków” (SBS – Sick Buildings Syndrome), pozwoliły zidentyfikować czynniki mające negatywny wpływ na samopoczucie ludzi, czystość i świeżość powietrza, trwałość konstrukcji i instalacji budowlanych. Są to, poza oczywistymi czynnikami jak temperatura i wilgotność powietrza, także podwyższone stężenie zanieczyszczeń gazowych, pyłowych oraz zanieczyszczenia mikrobiologiczne [Pełech 2009].

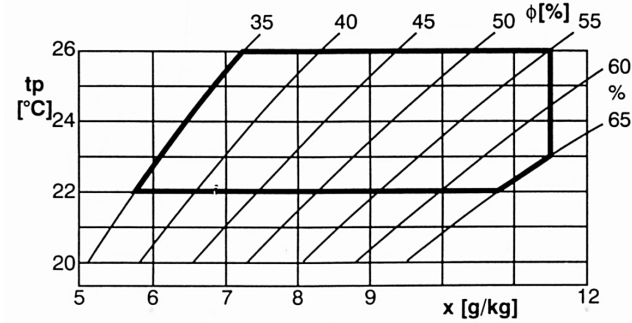
ERGONOMIA PRACY

Na odczucie parametrów mikroklimatu w pomieszczeniach produkcyjnych przez człowieka mają wpływ:

- czynniki zależne od człowieka: indywidualne odczucie temperatury, stan zdrowia, aktywność fizyczna, odzież (izolacja cieplna),
- czynniki niezależne od człowieka: temperatura i wilgotność względna powietrza, prędkość strumienia powietrza, temperatura przegród budowlanych, świeżość i czystość powietrza, jonizacja powietrza.

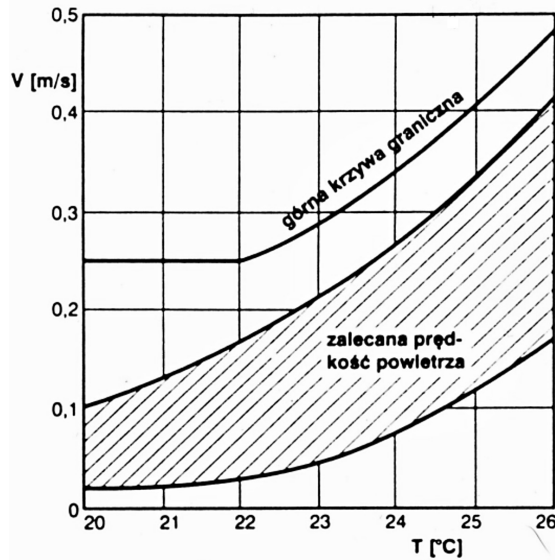
Wilgotność względna powietrza w granicach 35–60% ma niewielki wpływ na odczucia cieplne człowieka. Przy wilgotności względnej powyżej 70% para wodna może lekko wykraplać się na zimnych przewodach. Natomiast temperatura powietrza zapewniająca warunki komfortu cieplnego człowieka w strefie przebywania ludzi powinna wynosić: w zimie 20–22 °C i w lecie 22–26 °C (rys. 1, 2).

Obszar zaleconych ze względu na samopoczucie człowieka parametrów powietrza przedstawiono pogrubioną linią (rys. 2). Zanieczyszczenia powstające w pomieszczeniach, pochodzące od ludzi, nie przekraczają na ogół 15%. Część substancji w



Oznaczenia: t_p – temperatura powietrza [°C]
 Φ – wilgotność względna powietrza [%]
 x – zawartość wilgoci [g/kg]

Rys. 1. Zalecana ze względu na samopoczucie człowieka wilgotność względna przy optymalnej temperaturze



Oznaczenia: V – prędkość strumienia powietrza [m/s]
 T – temperatura w pomieszczeniu [°C]

Rys. 2. Zalecana prędkość strumienia powietrza ze względu na samopoczucie człowieka

procesie produkcyjnym w przemyśle spożywczym, wydziela odrażające zapachy. W przemyśle spożywczym występują często zanieczyszczenia w postaci substancji zapachowych pochodzących z procesów technologicznych. Wpływ zjonizowanego powietrza na organizm ludzki zależy od jego koncentracji w powietrzu, a także od własności fizykochemicznych nośników jonów (bakterie, aerozole). Powietrze zawie-

rające przeważającą liczbę jonów ujemnych powoduje odczucie świeżości i wpływa na dobre samopoczucie człowieka. Niekorzystny wpływ na organizm ludzki mają jony dodatnie, do których należą unoszące się w powietrzu pyły i bakterie, co skutkuje uczuciem zmęczenia, znużenia i spadku zdolności do koncentracji.

WARUNKI MIKROBIOLOGICZNE

Skażenia mikrobiologiczne urządzeń technologicznych oraz urządzeń i instalacji, m.in. wentylacyjno-klimatyzacyjnych, wpływają na rozwój bakterii chorobotwórczych. Tradycyjny nadzór nad produkcją żywności o charakterze inspekcyjnym jest zastępowany innymi formami działań, w których dominują działania zapobiegające i korygujące zgodnie z sentencją, że „lepiej zapobiegać niż leczyć”. Urządzenia wentylacyjne mogą przenosić różne bakterie chorobotwórcze powodujące np. zapalenie płuc.

CHARAKTERYSTYKA BAKTERII Z RODZAJU LEGIONELLA

Rozmiary mikroorganizmów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego wynoszą od 0,5 do 1,0 μm grubości oraz od 1 do 5 μm długości. Bakterie z rodzaju legionella, są to bakterie mezofilne tj. pałeczki Gram (-), wielkości 1–2 μm i średnicy 0,5 μm , o specyficznych wymaganiach wzrostowych. Od 1977 r. bakterie te są uznane jako czynnik chorobotwórczy dla człowieka w związku z epidemią w Filadelfii. Bakterie (legionelli) rozwijają się najlepiej w temperaturze od 32 °C do 42 °C i „teoretycznie” są wrażliwe na wysychanie, ogrzewanie (30 min. w temp. 58 °C), niewielkie stężenia formaldehydu, glutaraldehydu, jodu (10 ppm), fenolu 0,05%, 70% etanolu, biocydy.

Usytuowanie bakterii wewnątrz biofilmu chroni je przed działaniem środka dezynfekującego, pozostają w stanie uśpienia w przetrwalnikach pierwotniaków. Choroba legionistów (Legionelloza) przyjmuje postać z dominującymi objawami ciężkiego zapalenia płuc (stanowi 3–8% wszystkich zachorowań, okres wylegania od 2 do 10 dni – najczęściej 5–6 dni). Do zakażenia może dojść wszędzie tam, gdzie powstaje aerozol wodno-powietrzny m.in. w klimatyzowanych pomieszczeniach [Recknagel i in. 1994].

WYDAJNOŚĆ POWIETRZA ZEWNĘTRZNEGO (ŚWIEŻEGO) NAWIEWANEGO I WYWIEWANEGO

Ilość powietrza dostarczana lub usuwana z pomieszczenia zależy od jego użytkowania i obciążenia zapachami oraz materiałami szkodliwymi. Określenie wydajności można dokonać według różnych kryteriów przy założeniu, że przyjmuje się przypadek najmniej korzystny.

Określenie wydajności ze względu na krotność wymiany powietrza

Krotność wymiany powietrza jest wartością określoną doświadczalnie (tab. 1) i obliczana wzorem:

$$V = VR \cdot LW \text{ [m}^3/\text{h]}$$

gdzie: VR – objętość pomieszczenia, m³,
LW – ilość wymian powietrza, 1/h.

Tabela 1. Krotność wymiany powietrza i głośność (zalecane) dla wybranych pomieszczeń

Rodzaj pomieszczeń	LW/h	Poziom dźwięku dB	Uwagi
Ubikacje zakładowe	8–15	50	wywiew
Akumulatorownie	5–10	70	wersja przeciwwybuchowa
Biura	4–8	45	
Prysznice	15–25	65–70	ogrzewanie wstępne
Garaże	około 5	70	wywiew
Laboratoria	8–15	60	wywiew, ex. kwasoodp.
Przebiejalnie	6–8	60	wywiew
Warsztaty:			
• duże zabrudzenia powierzchni	10–20	60–70	
• małe zabrudzenia powierzchni	3–6	60–70	

Określenie wydajności zależnie od ilości osób

Wydajność zależnie od ilości osób określana jest wzorem:

$$V = P \cdot A_{RP}$$

gdzie: P – ilość osób,
A_{RP} – ilość powietrza zewnętrznego na osobę

W pomieszczeniach zadymionych, np. spalonymi papierosami, należy zwiększyć wartość wydajności o 20 m³/h na osobę.

Tabela 2. Krotność powietrza świeżego na osobę w pomieszczeniu

Rodzaj pomieszczenia	$\frac{m^3}{h \cdot osoby}$	Rodzaj pomieszczenia	$\frac{m^3}{h \cdot osoby}$
Biuro pojedyncze	30	Pomieszczenie socjalne	30
Stołówka	30	Hale montażowe	20

Określenie wydajności ze względu na odprowadzenie ciepła

Wydajność zależnie od odprowadzenie ciepła określana jest wzorem:

$$V = \frac{Q \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta T} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

gdzie: Q – ilość ciepła, które należy usunąć, kW

c_p – ciepło właściwe powietrza, kJ/(kg·K), powietrze w temperaturze 20 °C –
 $c_p = 1,00$

ΔT – różnica temperatur pomiędzy świeżym i ogrzonym powietrzem, K

ρ – gęstość powietrza, kg/m³ (pow. 20 °C, 1013 mbar = 1,2 kg/m³, 1kWh = 3600 kJ)

Określenie wydajności ze względu na wartość MAK

Wydajność zależnie od wartości MAK (maksymalna dopuszczalna koncentracja) (tab. 3) określana jest wzorem:

$$V = \frac{M}{k_{MAX} - k_a} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

gdzie: M – ilość materiałów szkodliwych, mg/h

k_{MAX} – maksymalna dopuszczalna koncentracja, mg/m³

k_a – ilość materiałów szkodliwych w powietrzu dopływającym, mg/m³

Tabela 3. Wyciąg z tabeli wartości MAK

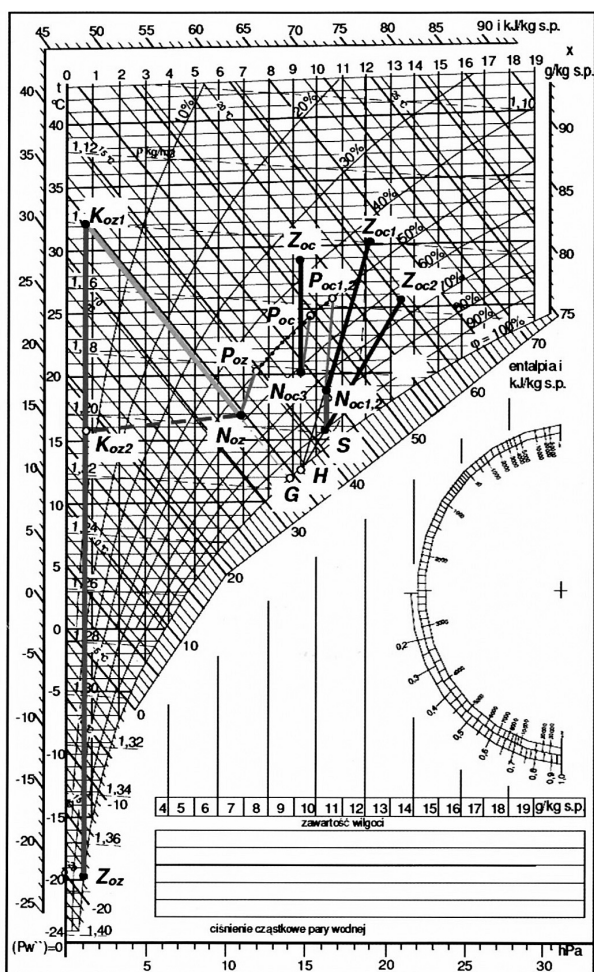
Składnik chemiczny	$\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$	Składnik chemiczny	$\frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$
Aceton	1000	2400	Hydrazyna	0,1	0,13
Anilina	2	8	Jod	0,1	1
Amoniak	50	35	Metanol	200	260
Butan	1000	2350	Nikotyna	0,07	0,5
Chlor	0,5	1,5	NO ₂	5	9
CO	30	33	Ozon	0,1	0,2
CO ₂	5000	9000	Propan	1000	1800
Formaldehyd	0,1	1,2	PCV	3	8
HCl	5	7	Rtęć	0,01	0,1
SO ₂ (H ₂ SO ₄)	2 (-)	5 (1)	Kwas azotowy	10	25

W instalacjach wentylacji mechanicznej ogólnej nawiewno-wyciągowej o wydajności 2000 m³/h i więcej należy stosować urządzenia do odzyskiwania ciepła z powietrza wywiewanego o skuteczności co najmniej 50% lub recyrkulację, gdy to jest dopuszczalne. W przypadku zastosowania recyrkulacji strumień powietrza zewnętrznego nie może być mniejszy niż wynika to z wymagań higienicznych, jednak nie mniejszy niż 10% powietrza nawiewanego. W przypadku przemysłu spożywczego gdzie występują znaczne zyski ciepła, pary zjonizowanego powietrza, zapachy, podwyższony standard mikrobiologiczny, należy nawiewać 100% powietrza zewnętrznego (świeżego).

EKSPLOATACJA UKŁADU WENTYLACJI (KLIMATYZACJI)

W okresie niskich temperatur zewnętrznych powietrza „zbliżanie się” do minimalnej temperatury nawiewu powietrza (np. 16 °C), ustalonej obliczeniowo i empirycznie przez producenta centrali wentylacyjnej może skutkować powstawaniem punktu rosy w strefie nawiewu (rys. 3), a tym samym przy stosunkowo wysokiej temperaturze wewnętrznej i wilgotności względnej (para technologiczna), może dojść z dużym prawdopodobieństwem do pogorszenia się warunków mikrobiologicznych (rozwój bakterii) [Nantka, Słaby 1998].

W następstwie powstawania punktu rosy w instalacjach wentylacyjnych mogą wystąpić tzw. zarodki kondensacji, zawarte w powietrzu, na których osadza się para wodna przy przesyleniu powietrza.



Rys. 3. Wykres i-x (wykres Moliera) dla powietrza wilgotnego

Natomiast w okresie niskich temperatur zewnętrznych powietrza, obniżenie temperatury nawiewanego powietrza poniżej minimalnej temperatury nawiewu, ustalonej przez producenta centrali wentylacyjnej, pomimo, że nie osiągnięto temperatury „ustawionej” na czujniku przeciwwamrożeniowym (np. 10 °C) może powstać zjawisko „obmarzania” nagrzewnicy wodnej, co w konsekwencji może odciąć dopływ do wężownicy nagrzewnicy mediów grzewczych a tym samym wystąpi zamarznięcie nagrzewnicy (pęknięcie).

W pomieszczeniach produkcyjnych przemysłu spożywczego gdzie muszą być zachowane wysokie standardy mikrobiologiczne, jeśli mamy do czynienia z dużymi zyskami ciepła pochodzącymi między innymi od procesów technologicznych przy stosunkowo dużej wilgotności względnej (często w procesach technologicznych tzw. „otwartych” stosowana jest para) należy skutecznie poprawić:

- warunki komfortu cieplnego człowieka,
- stan mikrobiologiczny powietrza.

WYNIKI BADAŃ UKŁADU WENTYLACJI NAWIEWNO-WYCIĄGOWEJ Z CZĘŚCIOWĄ RECYRKULACJĄ POWIETRZA

Przeprowadzono pomiary parametrów powietrza układu wentylacji nawiewno-wyciągowej z częściową recyrkulacją powietrza w wytypowanym zakładzie o profilu spożywczym. Do pomiarów wykorzystano termohydrometr HD8901 oraz sondę HD8501 (SAT/500).

W hali produkcyjnej zakładu stosowano, ze względów oszczędnościowych, układ wentylacji nawiewno-wyciągowej z 50-procentowym udziałem powietrza zużytego produkcji VTS Clima (parametry instalacji: nawiew – 15 000 m³/h, wyciąg – 14 500 m³/h, ciśnienie dyspozycyjne – 500 Pa). Centrala wentylacyjna jest sterowana automatycznie i wyposażona w filtry (czerpnia, wyciągu, nawiewu), wymiennik krzyżowy (sprawność temperaturowa 54%, wilgociowa 0%), komorę mieszania, odkraplacze, wentylatory (nawiewne i wyciągowe), nagrzewnicę wodną o mocy grzewczej 136,07 kW, chłodnicę freonową dwusekcyjną o mocy chłodniczej 122,8 kW, nagrzewnicę wodną za chłodnicą o mocy grzewczej 66,46 kW oraz tłumiki hałasu.

Realizowany w zakładzie proces technologiczny charakteryzuje stosunkowo znaczne zapylenie pomieszczenia produkcyjnego. Pyły zawierające związki organiczne wraz z zużytym powietrzem są częściowo zawracane i ponownie nawiewane przez centralę wentylacyjną do hali produkcyjnej. W tabeli 4 przedstawiono wyniki pomiarów z dnia 25.02.2011 r. następujących parametrów: temperatury, wilgotności bezwzględnej i względnej oraz punktu rosy powietrza atmosferycznego. Wyniki pomiarów parametrów powietrza zawracanego (recyrkulowanego) z hali produkcyjnej do centrali wentylacyjnej przed sekcją mieszania powietrza i przed wymiennikiem zamieszczono w tabeli 5. Wyniki pomiarów parametrów powietrza w sekcji mieszania za wymiennikiem krzyżowym (50% powietrza zewnętrznego i 50% powietrza zawra-

Tabela 4. Wyniki pomiarów właściwości powietrza atmosferycznego zewnętrznego czerpanego przez centralę wentylacyjną: temperatury t_p ($^{\circ}\text{C}$), wilgotności: bezwzględnej AH (g/m^3) i względnej RH (%), punktu rosy DP ($^{\circ}\text{C}$)

L.p.	Data badania 25.02.2011	Godz.	Właściwości powietrza atmosferycznego				Średnia temperatury powietrza atmosferycznego ($^{\circ}\text{C}$)	
			t_p ($^{\circ}\text{C}$)	RH (%)	AH (g/m^3)	D_p ($^{\circ}\text{C}$)	25.02.2011	Rok 2011
1	25.02.2011	7.00	-8,5	97,5	2,5	-8,8	-9,9	-3,0
2	25.02.2011	7.30	-8,0	95,1	2,7	-8,6		
3	25.02.2011	8.00	-7,5	92,8	2,7	-8,5		
4	25.02.2011	8.30	-7,4	92,7	2,7	-8,4		
5	25.02.2011	9.00	-7,0	91,4	2,6	-8,2		
6	25.02.2011	9.30	-7,0	91,4	2,6	-8,2		

Tabela 5. Wyniki pomiarów właściwości powietrza zawracanego (recykulowanego) z hali produkcyjnej (obiekt A) do centrali wentylacyjnej przed sekcją mieszania powietrza i wymiennikiem krzyżowym odzysku ciepła. Parametry pomierzone: temperatura t_p ($^{\circ}\text{C}$); wilgotność: bezwzględna AH (g/m^3), względna RH (%); punkt rosy DP ($^{\circ}\text{C}$)

L.p.	Data badania 25.02.2011	Godz.	Właściwości powietrza atmosferycznego			
			t_p ($^{\circ}\text{C}$)	RH (%)	AH (g/m^3)	D_p ($^{\circ}\text{C}$)
1	25.02.2011	7.10	24,0	79,9	17,7	20,3
2	25.02.2011	7.40	24,0	79,9	17,7	20,3
3	25.02.2011	8.10	25,1	77,5	18,4	20,9
4	25.02.2011	8.40	25,2	77,4	18,3	21,0
5	25.02.2011	9.10	25,9	73,4	18,2	20,8
6	25.02.2011	9.40	27,6	70,8	19,1	21,8

Tabela 6. Wyniki pomiarów właściwości powietrza w centrali wentylacyjnej w sekcji mieszania powietrza za wymiennikiem krzyżowym odzysku ciepła (50% powietrza zawracanego, 50% powietrza zewnętrznego) przed procesem kondycjonowania. Parametry pomierzone: temperatura t_p ($^{\circ}\text{C}$); wilgotność: bezwzględna AH (g/m^3), względna RH (%); punkt rosy DP ($^{\circ}\text{C}$)

L.p.	Data badania 25.02.2011	Godz.	Właściwości powietrza atmosferycznego			
			t_p ($^{\circ}\text{C}$)	RH (%)	AH (g/m^3)	D_p ($^{\circ}\text{C}$)
1	25.02.2011	7.15	12,5	89,5	9,9	10,8
2	25.02.2011	7.45	12,6	87,4	9,8	10,6
3	25.02.2011	8.15	13,2	85,7	10,0	10,9
4	25.02.2011	8.45	13,2	85,1	9,9	10,7
5	25.02.2011	9.15	13,5	82,5	9,8	10,6
6	25.02.2011	9.45	14,3	81,3	10,1	11,1

canego) przedstawiono w tabeli 6, zaś wyniki pomiarów powietrza nawiewanego do hali produkcyjnej po kondycjonowaniu w sekcjach nagrzewnic wodnych, chłodnicy freonowej dwusekcyjnej i odkraplaczy pokazano w tabeli 7.

Wartości średniej temperatury dnia 25.02.2011 r. oraz w roku 2011 podano wg IMGW, Delegatura w Kaliszu.

Tabela 7. Wyniki pomiarów właściwości powietrza nawiewanego do hali produkcyjnej (obiekt A) po przejściu procesu kondycjonowania przez sekcje: nagrzewnic wodnych, chłodnicy freonowej dwusekcyjnej, odkraplaczy, znajdujące się w centrali wentylacyjnej. Parametry pomierzone: temperatura t_p (°C); wilgotność: bezwzględna AH (g/m³), względna RH (%); punkt rosy DP (°C)

L.p.	Data badania 25.02.2011	Godz.	Właściwości powietrza atmosferycznego			
			t_p (°C)	RH (%)	AH (g/m ³)	D_p (°C)
1	25.02.2011	7.20	16,0	68,5	9,4	10,2
2	25.02.2011	7.50	16,1	68,3	9,4	10,2
3	25.02.2011	8.20	16,3	65,2	9,1	9,7
4	25.02.2011	8.50	16,3	65,1	9,1	9,7
5	25.02.2011	9.20	16,5	64,2	9,1	9,7
6	25.02.2011	9.50	16,9	62,9	9,1	9,8

Uzyskane wyniki wskazują, że w następstwie zawracania powietrza zanieczyszczonego pyłami pochodzącymi z procesów produkcji w połączeniu z powietrzem świeżym (zewnętrznym), doszło do powstawania punktu rosy, co skutkowało powstaniem nowych związków chemicznych zlokalizowanych w ścianach wewnętrznych kanałów i centrali wentylacyjnej. Stwierdzono, że niedopuszczalne jest stosowanie układów wentylacyjnych (klimatyzacyjnych) z częściową recyrkulacją zużytego powietrza w przemyśle spożywczym.

WPLYW WADLIWEJ INSTALACJI NA CZŁOWIEKA I ŚRODOWISKO

Podczas wykonywanych pomiarów zauważono wystąpienie zapalenia spojówek oczu oraz uczulenia części odkrytych ciała. Ponadto wystąpiły problemy z oddychaniem połączone z napadowym suchym kaszlem. Wynika stąd, że nowopowstałe związki chemiczne znajdujące się w przewodach instalacji wentylacyjnej oddziałują negatywnie na zdrowie ludzkie, a także mogą zanieczyszczać produkty spożywcze w procesie produkcyjnym oraz sprzyjać rozwojowi pleśni i roztoczy. Wadliwa instalacja wentylacyjna zmniejsza dopływ tlenu w procesach oddychania co prowadzi do niedotlenienia. Na skutki niedotlenienia najbardziej narażone są mózg i serce. W pomieszczeniach tzw. suchych o podwyższonym standardzie mikrobiologicznym,

pył w strumieniach powietrza unosi się i osadza na elementach konstrukcyjnych instalacji, powodując emisję substancji drażniących drogi oddechowe oraz przyczynia się do przenoszenia zarazków jako mikroorganizmów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego.

Duża ilości pyłu osiada na powierzchniach stałych w układach wentylacyjnych przy wilgotności względnej powietrza zewnętrznego poniższej 35% (często w okresie zimowym), co wpływa na pogorszenie pracy centrali (zmniejszenie wydatku) oraz standardu mikrobiologicznego powietrza nawiewanego [Małecki 2010]. Temperatura panująca w pomieszczeniu klimatyzowanym (schładzanym) nie może różnić się znacznie od temperatury zewnętrznej ze względu na ograniczoną zdolność szybkiej aklimatyzacji organizmu ludzkiego, wynoszącej średnio 2–3 godziny (tab. 8).

Tabela 8. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego (wg normy PN-78/B-03421)

Aktywność fizyczna	Okres zimowy				Okres letni				
	temperatura	Wilgotność względna		prędkość powietrza maksymalna	Wartości optymalne		Wartości dopuszczalne temperatury*		prędkość powietrza maksymalna
		optymalna	dopuszczalna minimalna		temperatura	wilgotność względna	do 50 W/m ²	ponad 50 W/m ²	
	°C	%		m/s	°C	%	°C	°C	m/s
Mała	20–22	40–60	30	0,2	23–26	40–55	t _z + 3	t _z + 5	0,3
Średnia	18–20	40–60	30	0,2	20–23	40–60	t _z + 3	t _z + 5	0,4
Duża	15–18	40–60	30	0,3	18–21	40–60	t _z + 3	t _z + 5	0,6

Dla ograniczenia zanieczyszczenia środowiska pyłami pochodzącymi z procesów produkcyjnych w przemyśle spożywczym stosuje się urządzenia wentylacyjne wyposażone w filtry powietrza oraz tzw. filtry zapachowe. Wysoką jakość powietrza w pomieszczeniach produkcyjnych zapewnia także dezynfekcja promieniową jonizacją katalityczną. Urządzenia montowane są w kanałach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych nawiewnych [Małecki, Borowski 2011].

WNIOSKI

- Należy dążyć do ograniczenia pierwotnych i wtórnych źródeł skażenia mikrobiologicznego w układach wentylacji (klimatyzacji) przez stosowanie:
 - wysokosprawnych filtrów powietrza,
 - czyszczenie i dezynfekowanie kanałów wentylacyjnych (central) za pomocą specjalnych urządzeń, parą lub środkami dezynfekującymi i grzybobójczymi,
 - promieniowej jonizacji katalitycznej w kanałach nawiewnych.
- W pomieszczeniach produkcyjnych przemysłu spożywczego o podwyższonym standardzie nie wolno stosować recyrkulacji powietrza. Należy stosować układy wentylacyjne dostarczające 100% powietrza świeżego.

3. Zmniejszenie temperatury nawiewanego powietrza w pomieszczeniu poniżej minimalnej temperatury określonej w przypadku danej centrali, może skutkować powstawaniem punktu rosy (wystąpi tzw. zamglenie powietrza), co z dużym prawdopodobieństwem pogorszy warunki mikrobiologiczne w pomieszczeniu.
4. W pomieszczeniach tzw. suchych należy usuwać pyły osiadające na powierzchniach stałych, które mogą ulec rozkładowi na różne związki.
5. Strumień objętości nawiewanego powietrza do pomieszczenia tzw. „czystego” powinien wynosić co najmniej 25 m³/h oraz powinien być mniejszy o maksymalnie 10% od strumienia powietrza wywiewanego (nadcisnienie). Natomiast w pomieszczeniach tzw. brudnych (np. sanitariaty) należy zachować podciśnienie powietrza.
6. Pomieszczenia produkcyjne o różnym poziomie wymagań mikrobiologicznych nie mogą być łączone wspólnym układem wentylacji mechanicznej.
7. Zaniżona krotność wymiany powietrza zewnętrznego (świeżego) skutkuje ograniczeniem dopływu tlenu, tym samym występowaniem trudności w oddychaniu człowieka, a w szczególnych przypadkach może dojść do niedotlenienia organizmu.

LITERATURA

1. Malicki M. 1980. Wentylacja i klimatyzacja. PWN, Warszawa.
2. Małecki Z.J., Moga M. 2009. Poprawa warunków ergonomicznych powietrza w przemyśle spożywczym. Zeszyty Naukowe Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska, nr 1.
3. Małecki Z.J., Staszewski Z., Małecka J. 2010. Uwarunkowania dotyczące stosowania nawilżania powietrza w układach klimatyzacyjnych w przemyśle spożywczym. Zeszyty Naukowe Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska, nr 1: 15-21.
4. Małecki Z.J., Małecka I. 2010. Poprawa stanu mikrobiologicznego powietrza w przemyśle spożywczym. Zeszyty Naukowe Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska, nr 2: 24-32.
5. Małecka I., Borowski G. 2011. Dezynfekcja powietrza promieniami UV i promieniową jonizacją katalityczną w instalacjach wentylacyjnych. Zeszyty Naukowe Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska, nr 3: 17-24.
6. Małecki Z.J., Moga M., Małecka I. 2011. Drobnoustroje chorobotwórcze w powietrzu w układach wentylacyjno-klimatyzacyjnych. Zeszyty Naukowe Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska, nr 3: 25-30.
7. Recknagel H. i in. 1994. Ogrzewanie i klimatyzacja. Poradnik EWFE, Gdańsk.
8. Śliwowski L. 2000. Mikroklimat wewnątrz i komfort cieplny ludzi w pomieszczeniach. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
9. PN-78/B-03421 „Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi”.
10. Pelech A. 2009. Wentylacja i klimatyzacja. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

IMPACT UPON ENVIRONMENT PROTECTION DUE TO DEFECTIVELY PRODUCED AND OPERATED VENTILATION SYSTEMS IN FOOD INDUSTRY

Summary

Mechanical (air-conditioning) ventilation systems and equipment in the food industry may transfer various pathogenic bacteria causing, for instance, pneumonia (Legionellosis). Microclimate parameters in manufacturing shops felt by people are affected by: human factors (health, individual temperature perception etc.) and non-human factors (air physical parameters, air freshness and cleanliness etc.). Microbiological contamination of process equipment, machines and systems such as ventilation and air-conditioning equipment causes growth of pathogenic bacteria. The amount of air supplied and removed from a room depends on its use and load of odours and hazardous material. As a result of dew point formation in ventilation systems may appear the so-called air-borne condensation nuclei on which steam settles when the air gets oversaturated. The air flow rate has a material influence upon comfortable conditions in human inhabited zones. In manufacturing shops where the highest air quality is a priority, radial disinfection by means of catalytic ionization is applied. In food industry manufacturing shops of higher microbiological standard, ventilation systems based on air re-circulation should not be used.

Key words: ventilation, pathogenic bacteria, microbiology, ergonomics, dew point, disinfection, air circulation.